

Inhaltsverzeichnis

1	Einteilung der Fertigungsverfahren	1
	Klaus-Dieter Kühn	
2	Urformen	7
	Alfred Herbert Fritz, Jörg Schmütz und Burghilde Wieneke-Toutaoui	
2.1	Urformen durch Gießen	8
2.1.1	Grundbegriffe der Gießereitechnologie	8
2.2	Metallkundliche Grundlagen des Gießens	18
2.2.1	Entstehung der Gussgefüge	18
2.2.2	Stoffzustände	18
2.2.3	Keimbildung und Impfen	19
2.2.4	Kristallformen	22
2.2.5	Erstarrungstypen	24
2.2.6	Isotropes, anisotropes und quasi-isotropes Verhalten von Gusswerkstoffen	25
2.3	Gusswerkstoffe	27
2.3.1	Eisengusswerkstoffe	27
2.3.2	Nichteisen-Gusswerkstoffe	40
2.4	Gießbarkeit	46
2.4.1	Fließ- und Formfüllungsvermögen	47
2.4.2	Schwindung (Schrumpfung)	48
2.4.3	Warmrissneigung	52
2.4.4	Gasaufnahme	53
2.4.5	Penetrationen	54
2.4.6	Seigerungen	55
2.4.7	Fehlerzusammenstellung bei Sandguss	56
2.5	Form- und Gießverfahren	56
2.5.1	Formverfahren mit verlorenen Formen	57
2.5.2	Formverfahren mit verlorenen Formen nach verlorenen Modellen	70
2.5.3	Formverfahren mit Dauerformen	74
2.5.4	Gießen von Motoren im Leichtbau	84
2.5.5	Gießen von Komponenten für Wind-Energie-Anlagen	90
2.6	Gestaltung von Gussteilen	95
2.6.1	Allgemeines	95
2.6.2	Gestaltungsregeln	95

2.6.3	Gießgerechte Gestaltung	96
2.6.4	Beanspruchungsgerechte Gestaltung	100
2.6.5	Fertigungsgerechte Gestaltung	101
2.6.6	Normung von Erzeugnissen aus Gusseisen	103
2.6.7	Normung von Erzeugnissen aus Stahlguss	104
2.7	Urformen durch Sintern (Pulvermetallurgie)	104
2.7.1	Pulvermetallurgische Grundbegriffe	105
2.7.2	Pulver-Erzeugung	106
2.7.3	Presstechnik	107
2.7.4	Sinter-Prozess	109
2.7.5	Verfahren zum Verbessern der Werkstoffeigenschaften	110
2.7.6	Anwendungen	112
2.8	Gestaltung von Sinterteilen	113
2.8.1	Allgemeines	113
2.8.2	Gestaltungsregeln	113
2.8.3	Werkstoff- und werkzeuggerechte Gestaltung	113
2.8.4	Fertigungs- und fügegerechte Gestaltung	114
2.9	Additive Fertigungsverfahren	116
2.9.1	Stereolithografie	119
2.9.2	Laser-Sintern und Strahlschmelzen	119
2.9.3	Fused Layer Modeling/Manufacturing oder Fused Deposition Modeling	122
2.9.4	Multi-Jet Modeling und PolyJet Modeling	124
2.9.5	3D-Drucken	124
2.9.6	Layer Laminated Manufacturing	127
2.9.7	Digital Light Processing	127
2.9.8	Thermotransfer-Sintern (TTS)	127
2.9.9	Continuous Liquid Interface Production oder Printing (CLIP)	128
2.9.10	Entwicklungen	128
3	Umformen	133
	Alfred Herbert Fritz	
3.1	Einteilung und Vorteile der Umformverfahren	133
3.2	Grundlagen der Umformtechnik	135
3.3	Druckumformen	143
3.3.1	Walzen	143
3.3.2	Schmieden	151
3.3.3	Eindrücken	160
3.3.4	Durchdrücken	162
3.4	Zug-Druck-Umformen	172
3.4.1	Draht- und Stabziehen	172
3.4.2	Gleitziehen von Rohren	175
3.4.3	Abstreckziehen von Hohlkörpern	176
3.4.4	Tiefziehen	177
3.4.5	Drücken	184
3.4.6	Kragenziehen (Bördeln von Öffnungen)	185

3.5	Zugumformen	186
3.5.1	Längen	186
3.5.2	Weiten	186
3.5.3	Tiefen (Streckziehen)	187
3.5.4	Blechprüfung zur Kennwertermittlung	188
3.6	Biegen	192
3.6.1	Einteilung der Biegeverfahren	192
3.6.2	Biegespannungen, Verformungen und Kräfte	194
3.7	Innenhochdruckumformen (IHU)	197
3.7.1	Allgemeines	197
3.7.2	Anwendungsgebiete	198
3.7.3	Bauteil- und Prozessauslegung	201
3.7.4	Anlagen- und Werkzeugtechnik	204
3.7.5	Fertigteilqualität	206
3.7.6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	210
3.7.7	Fertigungsbeispiele	211
3.8	Gebaute Nockenwellen, hergestellt mit Umformverfahren	212
3.8.1	Aufweiten durch Innen-Hochdruck-Umformen (IHU)	213
3.8.2	Thyssen-Krupp-Presta-Verfahren (Aufpressen auf rolliertes Rohr)	213
3.9	Gestaltung von Umformteilen	216
3.9.1	Allgemeines	216
3.9.2	Gestaltung von Gesenkschmiedestücken	217
3.9.3	Gestaltung von Tiefziehteilen	220
I	Trennen	225
	Klaus-Dieter Kühn, Alfred Herbert Fritz, Ralf Förster und Hans-Werner Hoffmeister	
4.1	Verfahrensübersicht Trennen	225
4.2	Scherschneiden	227
4.2.1	Beschreibung des Schneidvorgangs	228
4.2.2	Schneidkraft	230
4.2.3	Gestaltung von Schneidwerkzeugen	231
4.2.4	Vorschubbegrenzungen	232
4.2.5	Feinschneiden	234
4.3	Spanen	237
4.3.1	Einteilung nach DIN 8589	237
4.3.2	Technische und wirtschaftliche Bedeutung	238
4.4	Grundbegriffe der Zerspantechnik	239
4.4.1	Bewegungen und Geometrie von Zerspanvorgängen	239
4.4.2	Eingriffe von Werkzeugen	240
4.4.3	Spanungsgrößen	241
4.4.4	Geometrie am Schneidteil	241
4.4.5	Kräfte und Leistungen	243
4.4.6	Standzeit- und Verschleißbegriffe	243
4.5	Grundlagen zum Spanen	244
4.5.1	Spanbildung	244
4.5.2	Spanstauchung	246

4.5.3	Scherwinkelgleichungen	246
4.5.4	Spanarten	247
4.5.5	Spanformen	248
4.5.6	Energieumwandlung beim Spanen	249
4.5.7	Schneidstoffe	250
4.5.8	Werkzeugverschleiß	257
4.5.9	Kühlschmierstoffe	258
4.5.10	Hart-, Hochgeschwindigkeits- und Trockenbearbeitung	259
4.5.11	Mikrozerspanung	260
4.5.12	Standzeitberechnung und Standzeitoptimierung	260
4.5.13	Schnittkraftberechnung	264
4.6	Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden	265
4.6.1	Drehen	266
4.6.2	Bohren, Senken, Reiben	272
4.6.3	Fräsen	276
4.6.4	Hobeln und Stoßen	281
4.6.5	Räumen	283
4.6.6	Auswahl spanender Fertigungsverfahren	287
4.7	Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden	292
4.7.1	Schleifen	293
4.7.2	Einsatz von Sensoren in Schleifmaschinen	316
4.7.3	Ansätze zur Miniaturisierung	317
4.7.4	Honen	320
4.7.5	Läppen und Feinschleifen mit Läppkinematik	329
4.7.6	Gleitschleifen	333
4.8	Abtragende Verfahren	335
4.8.1	Thermisches Abtragen	336
4.8.2	Chemisches Abtragen	341
4.8.3	Elektrochemisches Abtragen	342
4.9	Thermisches Schneiden	344
4.9.1	Autogenes Brennschneiden	344
4.9.2	Plasmaschneiden	353
4.9.3	Laserschneiden	356
4.10	Wasserstrahlschneiden	359
4.10.1	Einleitung	359
4.10.2	Verfahrensgrundlagen	359
4.10.3	Einsatz und Anwendung	363
4.11	Gestaltung von Schnittteilen	366
4.11.1	Werkstoffausnutzung	366
4.11.2	Fertigung	367
4.11.3	Genauigkeit	368
4.11.4	Beanspruchung	369
4.12	Gestaltung spanend herzustellender Werkstücke	369
4.12.1	Allgemeines	369
4.12.2	Gestaltung für das Drehen	369
4.12.3	Gestaltung für das Bohren, Senken, Reiben	371
4.12.4	Gestaltung für das Fräsen	373

	4.12.5 Gestaltung für das Hobeln und Stoßen	374
	4.12.6 Gestaltung für das Räumen	374
	4.12.7 Gestaltung für das Schleifen	375
5	Fügen	379
	Alfred Herbert Fritz	
5.1	Schweißen als Fügeverfahren	379
	5.1.1 Bedeutung der Schweißtechnik	379
	5.1.2 Abgrenzung beim Fertigungsverfahren Schweißen	380
	5.1.3 Einteilung der Schweißverfahren	380
	5.1.4 Hinweise zur Wahl des Schweißverfahrens	384
5.2	Werkstoffliche Grundlagen für das Schweißen	385
	5.2.1 Wirkung der Wärmequelle auf die Werkstoffeigenschaften	386
	5.2.2 Physikalische Eigenschaften der Werkstoffe	386
	5.2.3 Einfluss des Temperaturfeldes	387
	5.2.4 Werkstoffbedingte Besonderheiten beim Schweißen	390
5.3	Schmelzschweißverfahren	396
	5.3.1 Gasschweißen (G) (Ordnungsnummer: 311)	396
	5.3.2 Lichtbogenhandschweißen (E) (ON: 111) Metall-Lichtbogenschweißen	401
	5.3.3 Schutzgasschweißen (SG) (ON: 13–15)	421
	5.3.4 Unterpulverschweißen (UP) (ON: 12)	443
	5.3.5 Elektronenstrahlschweißen (EB) (ON: 51)	453
	5.3.6 Laserstrahlschweißen (LA) (ON: 52)	458
5.4	Widerstandsschweißen (ON: 2)	460
	5.4.1 Widerstandspressschweißen (ON: 21–24)	461
	5.4.2 Widerstandsschmelzschweißen (ON: 72)	472
	5.4.3 Reibschweißen (Ordnungsnummer: 42)	473
	5.4.4 Bolzenschweißen (ON: 783 bis 786)	475
	5.4.5 Aluminothermisches Schweißen (Thermit-Verfahren)	478
5.5	Gestaltung von Schweißverbindungen	482
	5.5.1 Allgemeines	482
	5.5.2 Gestaltungsregeln	482
	5.5.3 Gestaltung von Schmelzschweißverbindungen	482
	5.5.4 Gestaltung von Punktschweißverbindungen	486
5.6	Löten (Ordnungsnummer: 9)	487
	5.6.1 Grundlagen des Lötens	487
	5.6.2 Einteilung der Lötverfahren	491
	5.6.3 Flussmittel; Vakuum; Schutzgas	494
	5.6.4 Lotwerkstoffe	497
	5.6.5 Konstruktive Hinweise für Lötverbindungen	500
5.7	Gestaltung von Lötverbindungen	501
	5.7.1 Allgemeines	501
	5.7.2 Gestaltungsregeln	501
	5.7.3 Gestaltung gelöteter Blechverbindungen	502
	5.7.4 Gestaltung gelöteter Rundverbindungen	502

5.7.5	Gestaltung gelöteter Rohrverbindungen	503
5.7.6	Gestaltung gelöteter Bodenverbindungen	504
5.8	Kleben	504
5.8.1	Wirkprinzip des Klebens	505
5.8.2	Vorbehandlung zur Steigerung der Klebfestigkeit	507
5.8.3	Vorbereitung der Klebung	508
5.8.4	Eigenschaften polymerer Werkstoffe	509
5.8.5	Klebstoffarten	511
5.8.6	Herstellung der Klebung	513
5.8.7	Anwendungsbeispiele	515
5.9	Gestaltung von Klebverbindungen	520
5.9.1	Allgemeines	520
5.9.2	Gestaltung geklebter Blechverbindungen	521
5.9.3	Gestaltung geklebter Rohrverbindungen	522
5.9.4	Gestaltung geklebter Rundverbindungen	522
5.10	Fügen durch Umformen	522
5.10.1	Allgemeines	522
5.10.2	Clinchen	523
5.10.3	Stanznieten	525
5.10.4	Blindnieten	525
5.10.5	Loch- und gewindeformende Schrauben	527
5.10.6	Schließringbolzen	527
5.10.7	Hybridfügen	528
5.10.8	Zerstörende Qualitätskontrolle – Schliffbilder	528

Sachverzeichnis	533
----------------------------------	------------